

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-63793

(43)公開日 平成9年(1997)3月7日

(51)Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H	1/46		H 0 5 H 1/46	B
				L
C 2 3 C	16/50		C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F	4/00		C 2 3 F 4/00	D
H 0 1 L	21/3065		H 0 1 L 21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 11 頁)				

(21)出願番号 特願平7-240876

(22)出願日 平成7年(1995)8月25日

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(71)出願人 000166801

後藤 尚久

神奈川県川崎市宮前区土橋6丁目15番地1

宮前平パームハウスA-514

(71)出願人 000117674

安藤 真

神奈川県川崎市幸区小倉1番地1-1-

312

(74)代理人 弁理士 浅井 章弘

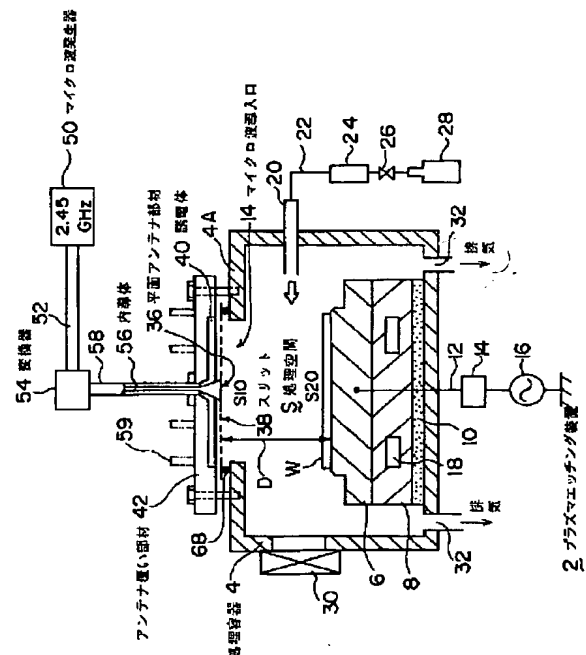
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】 アンテナ部材の熱的損傷を避けるようにしたプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 被処理体Wを載置する載置台6を内部に設けると共にマイクロ波導入口34を形成した処理容器4と、プラズマ発生用のマイクロ波を発生するマイクロ波発生器50と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管52、58と、同心円状或いは渦巻き状に形成された多数のスリット38を有して前記導波管に接続されて前記載置台と対向するように前記マイクロ波導入口に設けられた平面アンテナ部材36と、この平面アンテナ部材を覆って前記処理容器内を気密に保持するアンテナ覆い部材42とを備えるように構成する。これにより、アンテナ部材を大気放熱可能とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理体を載置する載置台を内部に設けると共にマイクロ波導入口を形成した処理容器と、プラズマ発生用のマイクロ波を発生するマイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、同心円状或いは渦巻き状に形成された多数のスリットを有して前記導波管に接続されて前記載置台と対向するように前記マイクロ波導入口に設けられた平面アンテナ部材と、この平面アンテナ部材を覆って前記処理容器内を気密に保持するアンテナ覆い部材とを備えるように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記アンテナ覆い部材と前記アンテナ部材との間には、前記マイクロ波の波長を短くするための誘電体が介在されると共に全体が気密構造になされていることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記アンテナ部材と前記誘電体間及び前記誘電体と前記アンテナ覆い部材の内面間は面接合されて熱伝導が良好になされていることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記アンテナ部材は、薄い導電板或いは前記誘電体の下面に焼き付けにより形成された薄い導電箔よりなることを特徴とする請求項1乃至3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記アンテナ覆い部材の中心部には、前記処理容器内へ処理ガスを導入するための処理ガス導入部が形成されていることを特徴とする請求項1乃至4記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記アンテナ覆い部材の周辺部には、前記処理容器内へ処理ガスを導入するための処理ガス補助導入部が形成されることを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 前記処理ガス導入部及び前記処理ガス補助導入部の少なくとも1つには、複数のガス噴出口を有する吹き出し板を設けるように構成したことを特徴とする請求項5または6記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 前記導波管の一部は、同軸導波管よりなり、この同軸導波管の内導体を中空管として形成すると共にこの中空管を前記処理ガス導入部へ処理ガスを流すガス供給通路として構成したことを特徴とする請求項5乃至7記載のプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波によりアンテナ表面からプラズマ発生用のエネルギーを投入して、これによりプラズマを発生させるプラズマ処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い半導体製品の製造工程において、成膜、エッチ

ング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合があり、特に、0.1～数10mTorr程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波とリング状のコイルからの磁場とを組み合わせ高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置が使用される傾向にある。

【0003】従来、この種のマイクロ波プラズマ装置としては磁場形成手段を有するプラズマ発生室にマイクロ波導入口を設けて電子サイクロトロン共鳴空洞を形成し、プラズマ発生室からイオンを引き出して反応室内の半導体ウエハにイオンビームを照射する装置（特公昭58-13626号公報）、或いはマイクロ波の導入によってプラズマを発生する放電管をマイクロ波導入方向から試料方向に向かって主放電部より先の部分で広がった構造として、面積の広いプラズマ処理を可能とした装置（特開昭59-202635号公報）等が知られている。

【0004】しかしながら、特公昭58-13626号公報に示すような装置にあってはプラズマ発生室と反応室とを有することから装置全体が大型になってコスト高となるのみならず、プラズマからイオンを電界で効率良くウエハに照射するには1000V前後の高電圧が必要となってしまふ。

【0005】また、特開昭59-2026353号公報に示すような装置にあってはリング状のコイルに電流を流して発生させた磁力線がウエハ表面に対して垂直でなく傾斜するため、そのため例えばエッチング処理状態も磁力線の方向に傾斜してしまい、垂直なエッチングを行うことができない。

【0006】これらの問題点を解決するために、本発明者が特開平4-361529号公報において開示した装置によれば、反応室内のマイクロ波導入面とウエハ載置面との間を特定の距離だけ離すようにしてここに電子サイクロトロン共鳴を励起する空洞共振器構造を形成しており、比較的小型で且つ高密度なプラズマを立てることができた。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような装置にあってはプラズマ発生のために磁界を必要とすることから永久磁石や電磁コイル等の磁界発生手段を設けなければならず、依然として装置自体が比較的大きいのみならず、コストも高くなっているという問題がある。

【0008】また、上記した装置にあっては、6インチウエハ程度の比較的サイズが大きいウエハの場合には処理領域全体に亘ってある程度、均一なプラズマを発生させることができる。しかしながら、今日のようにウエハサイズが8インチ、12インチ等のように大口径化すると、ウエハ中央部近傍や周辺部の電界が強くなって

その処理領域全体に亘って電界分布を均一化させるのが困難になって電界分布が不均一になり、プラズマ処理においても面内均一性が望めなくなってしまう。

【0009】そこで、本発明者は、先の出願（特願平6-248767号）において、磁界を用いることなくマイクロ波だけでプラズマを発生させることができるプラズマ処理装置を提案した。この処理装置は、電磁波を発生するように配列された多数のスリットを有する平面状のアンテナ部材にマイクロ波を供給することにより、アンテナ部材から処理容器内に向けて電磁波を照射し、この電磁波エネルギーによりプラズマ用ガスを解離してプラズマを発生するようになっている。

【0010】これによれば、アンテナ部材から放射される電磁波の作用によりガスを解離して、ある程度の密度の高いプラズマを形成することができたが、しかしながら、より密度の高いプラズマを得るためにより大きな電力を投入しようと思ってもある程度以上の電力を投入することができず、従って、その投入電力が制限されてしまうことから、例えば約 $7 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 以上のプラズマ密度を得ることができないことが判明した。この理由は電力を投入するに従ってプラズマ振動数が上昇してプラズマ密度も上がるが、一般的に磁場の不存在下のプラズマの比誘電率は次第にゼロに近づいてくる傾向にあり、そのためにプラズマ中にエネルギーをある程度以上は投入できずに放射された電磁波はエネルギーを持ったまま反射されてアンテナ部材に戻ってしまうからである。

【0011】この問題を解決するために、本発明者は、先の出願（特願平7-152678号）において、アンテナ部材の形態を僅かに変更するだけで、電力投入形態として電磁波ではなく、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するように発生する電界を利用することにより投入電力量を大幅に増加させた装置を開示した。この装置によれば、電力投入量を大幅に増加でき、密度の高いプラズマを発生させることが可能になった。

【0012】しかしながら、上述のように多量の電力投入が可能になった結果、例えば銅板製のアンテナ部材が発生するジュール熱や、プラズマからの放射熱によりアンテナ部材自体が予測した以上に過度に加熱される結果となり、そのため、平板のアンテナ部材が部分的に溶けるなどして凹凸状に屈曲したり、或いは、このアンテナ部材を貼り付けてある誘導体、例えばアルミナ系セラミックスとの線膨張率が1桁以上異なることから、アンテナ部材が誘導体から剥がれてしまい、耐久性にやや劣っていることが判明した。

【0013】この場合、アンテナ部材の近傍に冷却水を流す冷却パイプなどの冷却ジャケットを設けてアンテナ部材を冷却することも考えられるが、この場合には、アンテナ部材を含むユニット全体が真空容器内に設置されていることから、冷却ジャケットの構造が複雑化し且つ

大幅なコスト上昇を余儀なくされるので、現実的ではない。また、アンテナ部材の近傍に冷却ジャケットを設けたとしてもアンテナ部材のユニット内は真空状態になされているために伝導による熱の伝達量が少なく、従って、効率的にアンテナ部材を冷却できないのが現状である。本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、アンテナ部材を、処理容器に設けた、マイクロ波導入口に設けるようにして大気放熱可能とし、この熱的損傷を避けるようにしたプラズマ処理装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記問題点を解決するために、被処理体を載置する載置台を内部に設けると共にマイクロ波導入口を形成した処理容器と、プラズマ発生用のマイクロ波を発生するマイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、同心円状或いは渦巻き状に形成された多数のスリットを有して前記導波管に接続されて前記載置台と対向するように前記マイクロ波導入口に設けられた平面アンテナ部材と、この平面アンテナ部材を覆って前記処理容器内を気密に保持するアンテナ覆い部材とを備えるように構成したものである。

【0015】本発明は、以上のように構成したので、マイクロ波発生器から発生したマイクロ波により平面アンテナ部材から、例えば電界などのエネルギーが処理容器内へ投入されると、処理ガスが解離してプラズマ化する。そして、アンテナ部材にて発生したジュール熱、或いはプラズマから受けた放射熱はアンテナ部材からアンテナ部材を覆って処理容器内を気密に保持するアンテナ覆い部材に熱伝導により伝わり、このアンテナ覆い部材は大気に接していることから熱は効率的に大気放散され、アンテナ部材を効率的に冷却することが可能となる。アンテナ部材とアンテナ覆い部材との間には、マイクロ波の管内波長を短くするための誘導体を設けるが、この場合には各部材の間を面接合として熱伝導性を良好とし、また、全体を気密構造とすれば、より効率的にアンテナ部材の放熱を促進して冷却効率が上がリ、しかも、マイクロ波導入口の気密閉塞をアンテナ部材のユニットで行なうことができ、別途特別な閉塞用部材を用いる必要もない。

【0016】このようなアンテナ部材は、薄い銅板にスロットを穴開けすることにより形成してもよいし、また、誘電体であるセラミック材を形成する時に、その下面にアンテナ部材のパターンを焼き付けることにより薄い銅箔として形成するようにしてもよい。また、アンテナ覆い部材の中心部に処理ガス導入部を形成してガス供給ヘッドを兼ねさせることにより、被処理体の中心の上方から処理ガスを供給することが可能となり、被処理体の表面上に均等に処理ガスを供給し、拡散させることが

5

できるので、プラズマ処理の面内均一性を確保することが可能となる。更に、上記処理ガス導入部に加え、アンテナ覆い部材の周辺部に処理ガス補助導入部を設けるようにすれば、被処理体の表面により均等に処理ガスを供給することが可能となる。

【0017】また、上記処理ガス導入部或いは処理ガス補助導入部に複数のガス噴出口を有する吹き出し板を設けることにより、処理ガスの拡散供給を促進でき、更に一層処理ガスの均等供給を実現することができる。また更に、処理ガス導入部へ処理ガスを供給するガス供給通路として、アンテナ部材へマイクロ波を供給する同軸導波管の中空管状の内導体を用いることにより、別途、ガス供給通路を設けることなく、処理ガスの供給が可能となる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す全体構成図、図2は図1に示す処理装置に用いるアンテナ部材を示す平面図、図3は図2に示すアンテナ部材の拡大平面図、図4はアンテナ部材の取付状態を示す断面図、図5はアンテナ部材の取付部を示す分解組立図である。

【0019】本実施例においてはプラズマ処理装置をプラズマエッチング装置に適用した場合について説明する。図示するようにプラズマ処理装置としてのこのプラズマエッチング装置2は、例えば側壁や底部がアルミニウム等の導体により構成されて、全体が筒体状に形成された処理容器4を有しており、内部は密閉された処理空間Sとして構成されている。

【0020】この処理容器4内には、上面に被処理体としての例えば半導体ウエハWを載置する載置台6が収容される。この載置台6は、例えばアルマイト処理したアルミニウム等により中央部が凸状に平坦になされた略円柱状に形成されており、この下部は同じくアルミニウム等により円柱状になされた支持台8により支持されると共にこの支持台8は処理容器4内の底部に絶縁材10を介して設置されている。

【0021】上記載置台6の上面には、ここにウエハを吸着保持するための静電チャックやクランプ機構（図示せず）が設けられ、この載置台6は給電線12を介してマッチングボックス14及び例えば13.56MHzのバイアス用高周波電源16に接続されている。載置台6を支持する支持台8には、プラズマ処理時のウエハを冷却するための冷却水等を流す冷却ジャケット18が設けられる。

【0022】上記処理容器4の側壁には、容器内に例えばエッチングガスを導入するための例えば石英パイプ製の処理ガス供給ノズル20が設けられ、このノズル20はガス供給路22によりマスフローコントローラ24及び開閉弁26を介して処理ガス源28に接続されてい

6

る。処理ガスとしてのエッチングガスは、CF<sub>3</sub>、CH<sub>3</sub>F、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>10</sub>、C<sub>6</sub>F<sub>12</sub>、C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>、C<sub>7</sub>F<sub>16</sub>、C<sub>7</sub>F<sub>18</sub>、C<sub>8</sub>F<sub>18</sub>、C<sub>8</sub>F<sub>20</sub>、C<sub>9</sub>F<sub>20</sub>、C<sub>9</sub>F<sub>22</sub>、C<sub>10</sub>F<sub>22</sub>、C<sub>10</sub>F<sub>24</sub>、C<sub>11</sub>F<sub>24</sub>、C<sub>11</sub>F<sub>26</sub>、C<sub>12</sub>F<sub>26</sub>、C<sub>12</sub>F<sub>28</sub>、C<sub>13</sub>F<sub>28</sub>、C<sub>13</sub>F<sub>30</sub>、C<sub>14</sub>F<sub>30</sub>、C<sub>14</sub>F<sub>32</sub>、C<sub>15</sub>F<sub>32</sub>、C<sub>15</sub>F<sub>34</sub>、C<sub>16</sub>F<sub>34</sub>、C<sub>16</sub>F<sub>36</sub>、C<sub>17</sub>F<sub>36</sub>、C<sub>17</sub>F<sub>38</sub>、C<sub>18</sub>F<sub>38</sub>、C<sub>18</sub>F<sub>40</sub>、C<sub>19</sub>F<sub>40</sub>、C<sub>19</sub>F<sub>42</sub>、C<sub>20</sub>F<sub>42</sub>、C<sub>20</sub>F<sub>44</sub>、C<sub>21</sub>F<sub>44</sub>、C<sub>21</sub>F<sub>46</sub>、C<sub>22</sub>F<sub>46</sub>、C<sub>22</sub>F<sub>48</sub>、C<sub>23</sub>F<sub>48</sub>、C<sub>23</sub>F<sub>50</sub>、C<sub>24</sub>F<sub>50</sub>、C<sub>24</sub>F<sub>52</sub>、C<sub>25</sub>F<sub>52</sub>、C<sub>25</sub>F<sub>54</sub>、C<sub>26</sub>F<sub>54</sub>、C<sub>26</sub>F<sub>56</sub>、C<sub>27</sub>F<sub>56</sub>、C<sub>27</sub>F<sub>58</sub>、C<sub>28</sub>F<sub>58</sub>、C<sub>28</sub>F<sub>60</sub>、C<sub>29</sub>F<sub>60</sub>、C<sub>29</sub>F<sub>62</sub>、C<sub>30</sub>F<sub>62</sub>、C<sub>30</sub>F<sub>64</sub>、C<sub>31</sub>F<sub>64</sub>、C<sub>31</sub>F<sub>66</sub>、C<sub>32</sub>F<sub>66</sub>、C<sub>32</sub>F<sub>68</sub>、C<sub>33</sub>F<sub>68</sub>、C<sub>33</sub>F<sub>70</sub>、C<sub>34</sub>F<sub>70</sub>、C<sub>34</sub>F<sub>72</sub>、C<sub>35</sub>F<sub>72</sub>、C<sub>35</sub>F<sub>74</sub>、C<sub>36</sub>F<sub>74</sub>、C<sub>36</sub>F<sub>76</sub>、C<sub>37</sub>F<sub>76</sub>、C<sub>37</sub>F<sub>78</sub>、C<sub>38</sub>F<sub>78</sub>、C<sub>38</sub>F<sub>80</sub>、C<sub>39</sub>F<sub>80</sub>、C<sub>39</sub>F<sub>82</sub>、C<sub>40</sub>F<sub>82</sub>、C<sub>40</sub>F<sub>84</sub>、C<sub>41</sub>F<sub>84</sub>、C<sub>41</sub>F<sub>86</sub>、C<sub>42</sub>F<sub>86</sub>、C<sub>42</sub>F<sub>88</sub>、C<sub>43</sub>F<sub>88</sub>、C<sub>43</sub>F<sub>90</sub>、C<sub>44</sub>F<sub>90</sub>、C<sub>44</sub>F<sub>92</sub>、C<sub>45</sub>F<sub>92</sub>、C<sub>45</sub>F<sub>94</sub>、C<sub>46</sub>F<sub>94</sub>、C<sub>46</sub>F<sub>96</sub>、C<sub>47</sub>F<sub>96</sub>、C<sub>47</sub>F<sub>98</sub>、C<sub>48</sub>F<sub>98</sub>、C<sub>48</sub>F<sub>100</sub>、C<sub>49</sub>F<sub>100</sub>、C<sub>49</sub>F<sub>102</sub>、C<sub>50</sub>F<sub>102</sub>、C<sub>50</sub>F<sub>104</sub>、C<sub>51</sub>F<sub>104</sub>、C<sub>51</sub>F<sub>106</sub>、C<sub>52</sub>F<sub>106</sub>、C<sub>52</sub>F<sub>108</sub>、C<sub>53</sub>F<sub>108</sub>、C<sub>53</sub>F<sub>110</sub>、C<sub>54</sub>F<sub>110</sub>、C<sub>54</sub>F<sub>112</sub>、C<sub>55</sub>F<sub>112</sub>、C<sub>55</sub>F<sub>114</sub>、C<sub>56</sub>F<sub>114</sub>、C<sub>56</sub>F<sub>116</sub>、C<sub>57</sub>F<sub>116</sub>、C<sub>57</sub>F<sub>118</sub>、C<sub>58</sub>F<sub>118</sub>、C<sub>58</sub>F<sub>120</sub>、C<sub>59</sub>F<sub>120</sub>、C<sub>59</sub>F<sub>122</sub>、C<sub>60</sub>F<sub>122</sub>、C<sub>60</sub>F<sub>124</sub>、C<sub>61</sub>F<sub>124</sub>、C<sub>61</sub>F<sub>126</sub>、C<sub>62</sub>F<sub>126</sub>、C<sub>62</sub>F<sub>128</sub>、C<sub>63</sub>F<sub>128</sub>、C<sub>63</sub>F<sub>130</sub>、C<sub>64</sub>F<sub>130</sub>、C<sub>64</sub>F<sub>132</sub>、C<sub>65</sub>F<sub>132</sub>、C<sub>65</sub>F<sub>134</sub>、C<sub>66</sub>F<sub>134</sub>、C<sub>66</sub>F<sub>136</sub>、C<sub>67</sub>F<sub>136</sub>、C<sub>67</sub>F<sub>138</sub>、C<sub>68</sub>F<sub>138</sub>、C<sub>68</sub>F<sub>140</sub>、C<sub>69</sub>F<sub>140</sub>、C<sub>69</sub>F<sub>142</sub>、C<sub>70</sub>F<sub>142</sub>、C<sub>70</sub>F<sub>144</sub>、C<sub>71</sub>F<sub>144</sub>、C<sub>71</sub>F<sub>146</sub>、C<sub>72</sub>F<sub>146</sub>、C<sub>72</sub>F<sub>148</sub>、C<sub>73</sub>F<sub>148</sub>、C<sub>73</sub>F<sub>150</sub>、C<sub>74</sub>F<sub>150</sub>、C<sub>74</sub>F<sub>152</sub>、C<sub>75</sub>F<sub>152</sub>、C<sub>75</sub>F<sub>154</sub>、C<sub>76</sub>F<sub>154</sub>、C<sub>76</sub>F<sub>156</sub>、C<sub>77</sub>F<sub>156</sub>、C<sub>77</sub>F<sub>158</sub>、C<sub>78</sub>F<sub>158</sub>、C<sub>78</sub>F<sub>160</sub>、C<sub>79</sub>F<sub>160</sub>、C<sub>79</sub>F<sub>162</sub>、C<sub>80</sub>F<sub>162</sub>、C<sub>80</sub>F<sub>164</sub>、C<sub>81</sub>F<sub>164</sub>、C<sub>81</sub>F<sub>166</sub>、C<sub>82</sub>F<sub>166</sub>、C<sub>82</sub>F<sub>168</sub>、C<sub>83</sub>F<sub>168</sub>、C<sub>83</sub>F<sub>170</sub>、C<sub>84</sub>F<sub>170</sub>、C<sub>84</sub>F<sub>172</sub>、C<sub>85</sub>F<sub>172</sub>、C<sub>85</sub>F<sub>174</sub>、C<sub>86</sub>F<sub>174</sub>、C<sub>86</sub>F<sub>176</sub>、C<sub>87</sub>F<sub>176</sub>、C<sub>87</sub>F<sub>178</sub>、C<sub>88</sub>F<sub>178</sub>、C<sub>88</sub>F<sub>180</sub>、C<sub>89</sub>F<sub>180</sub>、C<sub>89</sub>F<sub>182</sub>、C<sub>90</sub>F<sub>182</sub>、C<sub>90</sub>F<sub>184</sub>、C<sub>91</sub>F<sub>184</sub>、C<sub>91</sub>F<sub>186</sub>、C<sub>92</sub>F<sub>186</sub>、C<sub>92</sub>F<sub>188</sub>、C<sub>93</sub>F<sub>188</sub>、C<sub>93</sub>F<sub>190</sub>、C<sub>94</sub>F<sub>190</sub>、C<sub>94</sub>F<sub>192</sub>、C<sub>95</sub>F<sub>192</sub>、C<sub>95</sub>F<sub>194</sub>、C<sub>96</sub>F<sub>194</sub>、C<sub>96</sub>F<sub>196</sub>、C<sub>97</sub>F<sub>196</sub>、C<sub>97</sub>F<sub>198</sub>、C<sub>98</sub>F<sub>198</sub>、C<sub>98</sub>F<sub>200</sub>、C<sub>99</sub>F<sub>200</sub>、C<sub>99</sub>F<sub>202</sub>、C<sub>100</sub>F<sub>202</sub>、C<sub>100</sub>F<sub>204</sub>、C<sub>101</sub>F<sub>204</sub>、C<sub>101</sub>F<sub>206</sub>、C<sub>102</sub>F<sub>206</sub>、C<sub>102</sub>F<sub>208</sub>、C<sub>103</sub>F<sub>208</sub>、C<sub>103</sub>F<sub>210</sub>、C<sub>104</sub>F<sub>210</sub>、C<sub>104</sub>F<sub>212</sub>、C<sub>105</sub>F<sub>212</sub>、C<sub>105</sub>F<sub>214</sub>、C<sub>106</sub>F<sub>214</sub>、C<sub>106</sub>F<sub>216</sub>、C<sub>107</sub>F<sub>216</sub>、C<sub>107</sub>F<sub>218</sub>、C<sub>108</sub>F<sub>218</sub>、C<sub>108</sub>F<sub>220</sub>、C<sub>109</sub>F<sub>220</sub>、C<sub>109</sub>F<sub>222</sub>、C<sub>110</sub>F<sub>222</sub>、C<sub>110</sub>F<sub>224</sub>、C<sub>111</sub>F<sub>224</sub>、C<sub>111</sub>F<sub>226</sub>、C<sub>112</sub>F<sub>226</sub>、C<sub>112</sub>F<sub>228</sub>、C<sub>113</sub>F<sub>228</sub>、C<sub>113</sub>F<sub>230</sub>、C<sub>114</sub>F<sub>230</sub>、C<sub>114</sub>F<sub>232</sub>、C<sub>115</sub>F<sub>232</sub>、C<sub>115</sub>F<sub>234</sub>、C<sub>116</sub>F<sub>234</sub>、C<sub>116</sub>F<sub>236</sub>、C<sub>117</sub>F<sub>236</sub>、C<sub>117</sub>F<sub>238</sub>、C<sub>118</sub>F<sub>238</sub>、C<sub>118</sub>F<sub>240</sub>、C<sub>119</sub>F<sub>240</sub>、C<sub>119</sub>F<sub>242</sub>、C<sub>120</sub>F<sub>242</sub>、C<sub>120</sub>F<sub>244</sub>、C<sub>121</sub>F<sub>244</sub>、C<sub>121</sub>F<sub>246</sub>、C<sub>122</sub>F<sub>246</sub>、C<sub>122</sub>F<sub>248</sub>、C<sub>123</sub>F<sub>248</sub>、C<sub>123</sub>F<sub>250</sub>、C<sub>124</sub>F<sub>250</sub>、C<sub>124</sub>F<sub>252</sub>、C<sub>125</sub>F<sub>252</sub>、C<sub>125</sub>F<sub>254</sub>、C<sub>126</sub>F<sub>254</sub>、C<sub>126</sub>F<sub>256</sub>、C<sub>127</sub>F<sub>256</sub>、C<sub>127</sub>F<sub>258</sub>、C<sub>128</sub>F<sub>258</sub>、C<sub>128</sub>F<sub>260</sub>、C<sub>129</sub>F<sub>260</sub>、C<sub>129</sub>F<sub>262</sub>、C<sub>130</sub>F<sub>262</sub>、C<sub>130</sub>F<sub>264</sub>、C<sub>131</sub>F<sub>264</sub>、C<sub>131</sub>F<sub>266</sub>、C<sub>132</sub>F<sub>266</sub>、C<sub>132</sub>F<sub>268</sub>、C<sub>133</sub>F<sub>268</sub>、C<sub>133</sub>F<sub>270</sub>、C<sub>134</sub>F<sub>270</sub>、C<sub>134</sub>F<sub>272</sub>、C<sub>135</sub>F<sub>272</sub>、C<sub>135</sub>F<sub>274</sub>、C<sub>136</sub>F<sub>274</sub>、C<sub>136</sub>F<sub>276</sub>、C<sub>137</sub>F<sub>276</sub>、C<sub>137</sub>F<sub>278</sub>、C<sub>138</sub>F<sub>278</sub>、C<sub>138</sub>F<sub>280</sub>、C<sub>139</sub>F<sub>280</sub>、C<sub>139</sub>F<sub>282</sub>、C<sub>140</sub>F<sub>282</sub>、C<sub>140</sub>F<sub>284</sub>、C<sub>141</sub>F<sub>284</sub>、C<sub>141</sub>F<sub>286</sub>、C<sub>142</sub>F<sub>286</sub>、C<sub>142</sub>F<sub>288</sub>、C<sub>143</sub>F<sub>288</sub>、C<sub>143</sub>F<sub>290</sub>、C<sub>144</sub>F<sub>290</sub>、C<sub>144</sub>F<sub>292</sub>、C<sub>145</sub>F<sub>292</sub>、C<sub>145</sub>F<sub>294</sub>、C<sub>146</sub>F<sub>294</sub>、C<sub>146</sub>F<sub>296</sub>、C<sub>147</sub>F<sub>296</sub>、C<sub>147</sub>F<sub>298</sub>、C<sub>148</sub>F<sub>298</sub>、C<sub>148</sub>F<sub>300</sub>、C<sub>149</sub>F<sub>300</sub>、C<sub>149</sub>F<sub>302</sub>、C<sub>150</sub>F<sub>302</sub>、C<sub>150</sub>F<sub>304</sub>、C<sub>151</sub>F<sub>304</sub>、C<sub>151</sub>F<sub>306</sub>、C<sub>152</sub>F<sub>306</sub>、C<sub>152</sub>F<sub>308</sub>、C<sub>153</sub>F<sub>308</sub>、C<sub>153</sub>F<sub>310</sub>、C<sub>154</sub>F<sub>310</sub>、C<sub>154</sub>F<sub>312</sub>、C<sub>155</sub>F<sub>312</sub>、C<sub>155</sub>F<sub>314</sub>、C<sub>156</sub>F<sub>314</sub>、C<sub>156</sub>F<sub>316</sub>、C<sub>157</sub>F<sub>316</sub>、C<sub>157</sub>F<sub>318</sub>、C<sub>158</sub>F<sub>318</sub>、C<sub>158</sub>F<sub>320</sub>、C<sub>159</sub>F<sub>320</sub>、C<sub>159</sub>F<sub>322</sub>、C<sub>160</sub>F<sub>322</sub>、C<sub>160</sub>F<sub>324</sub>、C<sub>161</sub>F<sub>324</sub>、C<sub>161</sub>F<sub>326</sub>、C<sub>162</sub>F<sub>326</sub>、C<sub>162</sub>F<sub>328</sub>、C<sub>163</sub>F<sub>328</sub>、C<sub>163</sub>F<sub>330</sub>、C<sub>164</sub>F<sub>330</sub>、C<sub>164</sub>F<sub>332</sub>、C<sub>165</sub>F<sub>332</sub>、C<sub>165</sub>F<sub>334</sub>、C<sub>166</sub>F<sub>334</sub>、C<sub>166</sub>F<sub>336</sub>、C<sub>167</sub>F<sub>336</sub>、C<sub>167</sub>F<sub>338</sub>、C<sub>168</sub>F<sub>338</sub>、C<sub>168</sub>F<sub>340</sub>、C<sub>169</sub>F<sub>340</sub>、C<sub>169</sub>F<sub>342</sub>、C<sub>170</sub>F<sub>342</sub>、C<sub>170</sub>F<sub>344</sub>、C<sub>171</sub>F<sub>344</sub>、C<sub>171</sub>F<sub>346</sub>、C<sub>172</sub>F<sub>346</sub>、C<sub>172</sub>F<sub>348</sub>、C<sub>173</sub>F<sub>348</sub>、C<sub>173</sub>F<sub>350</sub>、C<sub>174</sub>F<sub>350</sub>、C<sub>174</sub>F<sub>352</sub>、C<sub>175</sub>F<sub>352</sub>、C<sub>175</sub>F<sub>354</sub>、C<sub>176</sub>F<sub>354</sub>、C<sub>176</sub>F<sub>356</sub>、C<sub>177</sub>F<sub>356</sub>、C<sub>177</sub>F<sub>358</sub>、C<sub>178</sub>F<sub>358</sub>、C<sub>178</sub>F<sub>360</sub>、C<sub>179</sub>F<sub>360</sub>、C<sub>179</sub>F<sub>362</sub>、C<sub>180</sub>F<sub>362</sub>、C<sub>180</sub>F<sub>364</sub>、C<sub>181</sub>F<sub>364</sub>、C<sub>181</sub>F<sub>366</sub>、C<sub>182</sub>F<sub>366</sub>、C<sub>182</sub>F<sub>368</sub>、C<sub>183</sub>F<sub>368</sub>、C<sub>183</sub>F<sub>370</sub>、C<sub>184</sub>F<sub>370</sub>、C<sub>184</sub>F<sub>372</sub>、C<sub>185</sub>F<sub>372</sub>、C<sub>185</sub>F<sub>374</sub>、C<sub>186</sub>F<sub>374</sub>、C<sub>186</sub>F<sub>376</sub>、C<sub>187</sub>F<sub>376</sub>、C<sub>187</sub>F<sub>378</sub>、C<sub>188</sub>F<sub>378</sub>、C<sub>188</sub>F<sub>380</sub>、C<sub>189</sub>F<sub>380</sub>、C<sub>189</sub>F<sub>382</sub>、C<sub>190</sub>F<sub>382</sub>、C<sub>190</sub>F<sub>384</sub>、C<sub>191</sub>F<sub>384</sub>、C<sub>191</sub>F<sub>386</sub>、C<sub>192</sub>F<sub>386</sub>、C<sub>192</sub>F<sub>388</sub>、C<sub>193</sub>F<sub>388</sub>、C<sub>193</sub>F<sub>390</sub>、C<sub>194</sub>F<sub>390</sub>、C<sub>194</sub>F<sub>392</sub>、C<sub>195</sub>F<sub>392</sub>、C<sub>195</sub>F<sub>394</sub>、C<sub>196</sub>F<sub>394</sub>、C<sub>196</sub>F<sub>396</sub>、C<sub>197</sub>F<sub>396</sub>、C<sub>197</sub>F<sub>398</sub>、C<sub>198</sub>F<sub>398</sub>、C<sub>198</sub>F<sub>400</sub>、C<sub>199</sub>F<sub>400</sub>、C<sub>199</sub>F<sub>402</sub>、C<sub>200</sub>F<sub>402</sub>、C<sub>200</sub>F<sub>404</sub>、C<sub>201</sub>F<sub>404</sub>、C<sub>201</sub>F<sub>406</sub>、C<sub>202</sub>F<sub>406</sub>、C<sub>202</sub>F<sub>408</sub>、C<sub>203</sub>F<sub>408</sub>、C<sub>203</sub>F<sub>410</sub>、C<sub>204</sub>F<sub>410</sub>、C<sub>204</sub>F<sub>412</sub>、C<sub>205</sub>F<sub>412</sub>、C<sub>205</sub>F<sub>414</sub>、C<sub>206</sub>F<sub>414</sub>、C<sub>206</sub>F<sub>416</sub>、C<sub>207</sub>F<sub>416</sub>、C<sub>207</sub>F<sub>418</sub>、C<sub>208</sub>F<sub>418</sub>、C<sub>208</sub>F<sub>420</sub>、C<sub>209</sub>F<sub>420</sub>、C<sub>209</sub>F<sub>422</sub>、C<sub>210</sub>F<sub>422</sub>、C<sub>210</sub>F<sub>424</sub>、C<sub>211</sub>F<sub>424</sub>、C<sub>211</sub>F<sub>426</sub>、C<sub>212</sub>F<sub>426</sub>、C<sub>212</sub>F<sub>428</sub>、C<sub>213</sub>F<sub>428</sub>、C<sub>213</sub>F<sub>430</sub>、C<sub>214</sub>F<sub>430</sub>、C<sub>214</sub>F<sub>432</sub>、C<sub>215</sub>F<sub>432</sub>、C<sub>215</sub>F<sub>434</sub>、C<sub>216</sub>F<sub>434</sub>、C<sub>216</sub>F<sub>436</sub>、C<sub>217</sub>F<sub>436</sub>、C<sub>217</sub>F<sub>438</sub>、C<sub>218</sub>F<sub>438</sub>、C<sub>218</sub>F<sub>440</sub>、C<sub>219</sub>F<sub>440</sub>、C<sub>219</sub>F<sub>442</sub>、C<sub>220</sub>F<sub>442</sub>、C<sub>220</sub>F<sub>444</sub>、C<sub>221</sub>F<sub>444</sub>、C<sub>221</sub>F<sub>446</sub>、C<sub>222</sub>F<sub>446</sub>、C<sub>222</sub>F<sub>448</sub>、C<sub>223</sub>F<sub>448</sub>、C<sub>223</sub>F<sub>450</sub>、C<sub>224</sub>F<sub>450</sub>、C<sub>224</sub>F<sub>452</sub>、C<sub>225</sub>F<sub>452</sub>、C<sub>225</sub>F<sub>454</sub>、C<sub>226</sub>F<sub>454</sub>、C<sub>226</sub>F<sub>456</sub>、C<sub>227</sub>F<sub>456</sub>、C<sub>227</sub>F<sub>458</sub>、C<sub>228</sub>F<sub>458</sub>、C<sub>228</sub>F<sub>460</sub>、C<sub>229</sub>F<sub>460</sub>、C<sub>229</sub>F<sub>462</sub>、C<sub>230</sub>F<sub>462</sub>、C<sub>230</sub>F<sub>464</sub>、C<sub>231</sub>F<sub>464</sub>、C<sub>231</sub>F<sub>466</sub>、C<sub>232</sub>F<sub>466</sub>、C<sub>232</sub>F<sub>468</sub>、C<sub>233</sub>F<sub>468</sub>、C<sub>233</sub>F<sub>470</sub>、C<sub>234</sub>F<sub>470</sub>、C<sub>234</sub>F<sub>472</sub>、C<sub>235</sub>F<sub>472</sub>、C<sub>235</sub>F<sub>474</sub>、C<sub>236</sub>F<sub>474</sub>、C<sub>236</sub>F<sub>476</sub>、C<sub>237</sub>F<sub>476</sub>、C<sub>237</sub>F<sub>478</sub>、C<sub>238</sub>F<sub>478</sub>、C<sub>238</sub>F<sub>480</sub>、C<sub>239</sub>F<sub>480</sub>、C<sub>239</sub>F<sub>482</sub>、C<sub>240</sub>F<sub>482</sub>、C<sub>240</sub>F<sub>484</sub>、C<sub>241</sub>F<sub>484</sub>、C<sub>241</sub>F<sub>486</sub>、C<sub>242</sub>F<sub>486</sub>、C<sub>242</sub>F<sub>488</sub>、C<sub>243</sub>F<sub>488</sub>、C<sub>243</sub>F<sub>490</sub>、C<sub>244</sub>F<sub>490</sub>、C<sub>244</sub>F<sub>492</sub>、C<sub>245</sub>F<sub>492</sub>、C<sub>245</sub>F<sub>494</sub>、C<sub>246</sub>F<sub>494</sub>、C<sub>246</sub>F<sub>496</sub>、C<sub>247</sub>F<sub>496</sub>、C<sub>247</sub>F<sub>498</sub>、C<sub>248</sub>F<sub>498</sub>、C<sub>248</sub>F<sub>500</sub>、C<sub>249</sub>F<sub>500</sub>、C<sub>249</sub>F<sub>502</sub>、C<sub>250</sub>F<sub>502</sub>、C<sub>250</sub>F<sub>504</sub>、C<sub>251</sub>F<sub>504</sub>、C<sub>251</sub>F<sub>506</sub>、C<sub>252</sub>F<sub>506</sub>、C<sub>252</sub>F<sub>508</sub>、C<sub>253</sub>F<sub>508</sub>、C<sub>253</sub>F<sub>510</sub>、C<sub>254</sub>F<sub>510</sub>、C<sub>254</sub>F<sub>512</sub>、C<sub>255</sub>F<sub>512</sub>、C<sub>255</sub>F<sub>514</sub>、C<sub>256</sub>F<sub>514</sub>、C<sub>256</sub>F<sub>516</sub>、C<sub>257</sub>F<sub>516</sub>、C<sub>257</sub>F<sub>518</sub>、C<sub>258</sub>F<sub>518</sub>、C<sub>258</sub>F<sub>520</sub>、C<sub>259</sub>F<sub>520</sub>、C<sub>259</sub>F<sub>522</sub>、C<sub>260</sub>F<sub>522</sub>、C<sub>260</sub>F<sub>524</sub>、C<sub>261</sub>F<sub>524</sub>、C<sub>261</sub>F<sub>526</sub>、C<sub>262</sub>F<sub>526</sub>、C<sub>262</sub>F<sub>528</sub>、C<sub>263</sub>F<sub>528</sub>、C<sub>263</sub>F<sub>530</sub>、C<sub>264</sub>F<sub>530</sub>、C<sub>264</sub>F<sub>532</sub>、C<sub>265</sub>F<sub>532</sub>、C<sub>265</sub>F<sub>534</sub>、C<sub>266</sub>F<sub>534</sub>、C<sub>266</sub>F<sub>536</sub>、C<sub>267</sub>F<sub>536</sub>、C<sub>267</sub>F<sub>538</sub>、C<sub>268</sub>F<sub>538</sub>、C<sub>268</sub>F<sub>540</sub>、C<sub>269</sub>F<sub>540</sub>、C<sub>269</sub>F<sub>542</sub>、C<sub>270</sub>F<sub>542</sub>、C<sub>270</sub>F<sub>544</sub>、C<sub>271</sub>F<sub>544</sub>、C<sub>271</sub>F<sub>546</sub>、C<sub>272</sub>F<sub>546</sub>、C<sub>272</sub>F<sub>548</sub>、C<sub>273</sub>F<sub>548</sub>、C<sub>273</sub>F<sub>550</sub>、C<sub>274</sub>F<sub>550</sub>、C<sub>274</sub>F<sub>552</sub>、C<sub>275</sub>F<sub>552</sub>、C<sub>275</sub>F<sub>554</sub>、C<sub>276</sub>F<sub>554</sub>、C<sub>276</sub>F<sub>556</sub>、C<sub>277</sub>F<sub>556</sub>、C<sub>277</sub>F<sub>558</sub>、C<sub>278</sub>F<sub>558</sub>、C<sub>278</sub>F<sub>560</sub>、C<sub>279</sub>F<sub>560</sub>、C<sub>279</sub>F<sub>562</sub>、C<sub>280</sub>F<sub>562</sub>、C<sub>280</sub>F<sub>564</sub>、C<sub>281</sub>F<sub>564</sub>、C<sub>281</sub>F<sub>566</sub>、C<sub>282</sub>F<sub>566</sub>、C<sub>282</sub>F<sub>568</sub>、C<sub>283</sub>F<sub>568</sub>、C<sub>283</sub>F<sub>570</sub>、C<sub>284</sub>F<sub>570</sub>、C<sub>284</sub>F<sub>572</sub>、C<sub>285</sub>F<sub>572</sub>、C<sub>285</sub>F<sub>574</sub>、C<sub>286</sub>F<sub>574</sub>、C<sub>286</sub>F<sub>576</sub>、C<sub>287</sub>F<sub>576</sub>、C<sub>287</sub>F<sub>578</sub>、C<sub>288</sub>F<sub>578</sub>、C<sub>288</sub>F<sub>580</sub>、C<sub>289</sub>F<sub>580</sub>、C<sub>289</</sub>

及び誘電体40の各挿通孔48、44を挿通させてアンテナ部材36の上面の中心部にロウ付け等の手段により電氣的に接続される。尚、この内導体56は中空パイプ構造でも、棒状部材でもよく、図示例では途中まで中空パイプ構造で、下端部が棒状部材となっている場合を示す。

【0026】また、アンテナ部材36の上面全体と誘電体40の下面、誘電体40の表面とこれを覆うアンテナ覆い部材42の誘電体収容部46の下面及び内導体56の下端外周面と誘電体40の挿通孔44の内面との間はそれぞれロウ付け64により強固に且つ気密に面接合されており、このアンテナ部材36のユニット全体が気密構造になされている。これにより部材相互間の熱伝導性を高く維持している。この場合、ロウ付け64のロウ材としては、銅と比較して抵抗がさほど高くなく、しかも線膨張係数が銅よりもかなり小さな金属材料、例えばタングステン等を誘電体40に対するヒートショック対策として用い、線膨張に対する緩衝機能を持たせるのがよい。尚、内導体56の下端面とアンテナ部材36との間のロウ付けには、この部分の抵抗増大を避けるためにロウ材としてはタングステンをを用いず、銅を用いるようにする。

【0027】このようにアンテナ部材36をその下面に取り付けたアンテナ覆い部材42の周縁部は、処理容器4の天井部4Aのマイクロ波導入口14の周辺部にボルト66により強固に取り付けられる。この場合、両者のシール性を確保するためにマイクロ波導入口14の周辺部には、溝内にシール部材、例えばOリング68を設置している。この場合、処理容器4内を真空引きすることによりアンテナ覆い部材42は、大気圧により容器天井部4A側に押圧されているのでボルト66を設けなくてもマイクロ波導入口14のシール性を確保できるが、このボルト66を設けることにより、これがアンテナ覆い部材42の位置決めとしての機能も有することになる。また、マイクロ波導入口14とアンテナ覆い部材42との間でアンテナ覆い部材42の周辺部に弾性のある導体を設置して、マイクロ波電力の漏洩を防止するようにしてもよい。

【0028】ここで上記アンテナ部材36の構造について詳しく説明すると、上記円板状アンテナ部材36は、例えば直径50cm、厚み1mm以下、例えば0.3mm程度の銅板よりなり、この銅板には図2にも示すように中心部より少し外側へ例えば数cm程度離れた位置から開始されて、多数のスリット38が同心状に或いは渦巻状に次第に周縁部に向けて形成されている。図示例にあっては、スリット38が同心円状に形成されている場合を示している。

【0029】本実施例では、各スリット38の長さLは、上記マイクロ波発生器50からのマイクロ波の管内波長の略1/2程度に設定されると共にその幅は約1

mm程度になされている。また、アンテナ部材36の半径方向において隣設するスリット38間の距離Sも上記マイクロ波の管内波長よりも短い長さ、例えば管内波長の略1/10程度の長さに設定されている。このような条件を満足する形でアンテナ部材36の全面に亘ってスリット群を形成している。

【0030】上記スリット38の長さLの許容範囲は、管内波長の1/2を中心として管内波長の±100%程度である。上記スリット38の長さLが短すぎると部分的に静電場が生じるだけで好ましくない。また、アンテナ部材の半径方向に隣り合うスリットは、本発明者が先に提案したスリットとは異なって相互に平行になるように設定されている。

【0031】このように、スリット長さ及びスリット間の距離を厳しく規定することにより、このアンテナ部材36にマイクロ波を通じた時には、電磁波を放出した本発明者による先の出願の技術とは異なり、処理空間には、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界を形成することが可能となる。このために、電力投入によりプラズマ密度が増加してこの比誘電率がゼロに近づいても、更なる電力の投入が可能となる。

【0032】この場合、アンテナ部材36の全面に亘って形成されている各スリット38の長さLを等しくしてアンテナ部材直下に形成される、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界の強さを水平方向において均一化させるようにしてもよいが、形成される静電場の強さに偏りを生じさせるためにアンテナ部材36の中心部側と周縁部側とでスリットの長さを上記した許容範囲内で僅かに変更させるようにしてもよい。例えば図3に示す拡大図のようにアンテナ部材の中心部側から半径方向外方に位置するに従ってスリットの長さは順次僅かずつ大きくなるように設定してもよく、例えば最内周に位置するスリット38Aの長さL1は $(1/2 - 1/10)\lambda$  ( $\lambda$ :マイクロ波の管内波長)程度の長さに設定し、最外周に位置するスリット38Bの長さL2は $(1/2 + 4/10)\lambda$ 程度の長さに設定することができる。これにより、中心部側よりも周縁部側にて強い静電場を形成することが可能となる。尚、スリットの外周であって、アンテナ部材の最外周に、ここに伝搬されてくるマイクロ波を略完全に静電場に変換するための整合スリットを設けるようにして、アンテナ効率を向上させるようにしてもよい。

【0033】尚、ここではアンテナ部材36として薄い銅板を用いてこれをロウ付け64により誘電体40或いはアンテナ覆い部材42の下面へ接合させるようにしたが、これに限らず、例えば焼成されたセラミック製の誘電体40の裏面に、スクリーン印刷等の手段により銅薄膜を、スリットを含むアンテナ部材の形状にパターン形成し、これを焼き付けるようにして銅箔のアンテナ部材

を形成するようにしてもよい。このように形成されたアンテナ部材36の平面図を図6に示す。この場合には、アンテナ部材36の中心部に誘電体40の挿通孔44（図5参照）に対応した孔70が形成されてしまうので、このアンテナ部材36と同軸導波管58の内導体56の下端面の周縁部との電氣的接続を行なう時には、先の実施例以上にロウ付け操作を精度良く行なうようにする。

【0034】また、アンテナ部材36が、処理空間に対して剥出しのためにプラズマによりこれがスパッタされるが、これを避けたい場合、例えば銅のコンタミネーションを避けたい場合には、アンテナ部材36の下面全体に薄い石英ガラス保護板或いはセラミック保護板を設けるようにすれば良い。また、アンテナ部材36の下面と載置台6の上端載置面との間の距離Dは、例えば5〜7cm程度に設定されており、処理空間Sを、プラズマ形成領域S10と、この空間より拡散するプラズマによる活性種で実際に処理を行なうプロセス領域S20とに分離している。

【0035】次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。まず、ゲートバルブ30を介して半導体ウエハWを搬送アームにより処理容器4内に収容し、リフタピン（図示せず）を上下動させることによりウエハWを載置台6の上面の載置面に載置する。

【0036】そして、処理容器4内を所定のプロセス圧力、例えば0.1〜数10mTorrの範囲内に維持して、処理ガス供給ノズル20から例えばCF<sub>4</sub>等のエッチングガスを流量制御しつつ供給する。同時にマイクロ波発生器50からのマイクロ波を、矩形導波管52及び同軸導波管58を介してアンテナ部材36に供給して処理空間Sに、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界を形成し、これによりプラズマを発生させ、エッチング処理を行う。

【0037】ここで、マイクロ波発生器50にて発生した例えば2.45GHzのマイクロ波はTEMモードで同軸導波管58内を伝搬してアンテナ覆い部材42により覆われたアンテナ部材36に到達し、内導体56の接続された円板状のアンテナ部材36の中心部から放射状に周辺部に伝搬される間に、このアンテナ部材36に同心円状に多数形成されたスリット38間に静電界が生じ、従って、アンテナ部材直下の処理空間Sの上部、具体的には、プラズマ形成領域S10に、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界が形成されることになる。この静電場により励起されたエッチングガスがプラズマ化し、この下方に位置するプロセス領域S20に拡散してここで処理ガスを活性化して活性種を作り、この活性種の作用でウエハWの表面に処理、例えばエッチングが施されることになる。

【0038】ここで、前述のようにスリット38の長さL及びアンテナ部材36の半径方向に隣り合うスリット

間の距離S1を規定したので、アンテナ部材36からは電磁波はほとんど出ずに、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界のみが形成されることになる。従って、電磁波を放出する先の出願技術とは異なり、電力投入を静電場を用いて行なうことにより投入電力量の上限値の制約がなくなり、効率的に電力を供給することができ、一層大きな電力投入が可能となる。従って、投入電力量に応じてプラズマ密度を高密度化させることができ、しかもアンテナ部材36の下方のプラズマ形成領域S10の全域に亘って高い密度のプラズマを安定して形成することができる。

【0039】このように多量の電力を投入した結果、アンテナ部材36は、ジュール熱により或いは処理空間S内のプラズマからの輻射熱から熱の供給を受けてかなりの高温状態となろうとするが、このアンテナ部材36の全体は、ロウ付け64による面接触で誘電体40或いはアンテナ覆い部材42に接合され、更にこの誘電体40の上面全面もロウ付けによる面接触でアンテナ部材42に接合され、また更に、内導体56の下端外周面と誘電体40もロウ付けによる面接触で接合されているので部材間の熱抵抗が非常に小さく、アンテナ部材36の熱は効率的に大気に晒されているアンテナ覆い部材42側に伝わり、これにより大気放散されることになる。従って、アンテナ部材36を効率的に自然冷却することができるので、これが過度に高温状態となることがなく、アンテナ部材36が部分的に溶けたり、或いはこれが部分的に屈曲変形して誘電体40から剥がれたりすることも防止することができる。

【0040】この場合、アンテナ覆い部材42に図1中にて仮想線で示す冷却フィン59を設ければ、よりその冷却効率を高めることができ、更に、冷却ファンを設けるなどして強制空冷による冷却を行えば更に一層冷却効率を高めることが可能となる。また、アンテナ部材36、誘電体40及びアンテナ覆い部材42よりなるアンテナ構造ユニットは、内部が上記のようにロウ付けにより気密構造になされているので、これをマイクロ波導入口14にシール性を確保して取り付けることにより、別途他の閉塞部材を用いる必要がない。この場合、処理容器4内を真空引きすることによりアンテナ覆い部材42が容器天井部4A側に大気圧で付勢され、また、Oリング68も両部材間に介設していることから高い気密性を確保することが可能となる。

【0041】また、アンテナ部材36の材料として、銅の外に、他の導電性部材、例えばアルミニウム等も用いることができるが、例えばアンテナ部材36がプラズマによりスパッタされてメタルコンタミネーションが発生することを避けたい場合には、アンテナ部材36の下面全体に亘って、例えば厚さ1〜2mm程度の石英ガラス板或いはセラミック保護板を設けるようにしてもよい。図7は、メタルコンタミネーション防止用のセラミック

11

保護板を設けた時のアンテナ部材近傍の拡大図を示す。すなわちこの図示例においては、セラミックよりなる誘電体40の下面に例えば焼き付けにより銅製のアンテナ部材36を形成し、このアンテナ部材36の下面に例えばセラミック保護板92を形成する。この場合、例えばセラミック保護板92としては、上記誘電体40と同じ材料のセラミックを用いることができ、アンテナ部材36の直径よりもセラミック保護板92の直径を大きく設定し、アンテナ部材36をセラミック保護板92により完全に埋め込むようにする。これによれば、アンテナ部材36がプラズマによりスパッタされることを完全に防止することができ、メタルコンタミネーションの発生を完全に阻止することができる。また、誘電体40とセラミック保護板92とをその周辺部で強固に接合でき、耐久性も高く維持することができる。また、上述のように、保護板92としてセラミック材を用いることにより、誘電体40、アンテナ部材36及びセラミック保護板92よりなる3層構造を同時に一括して形成し、焼成することができ、製造方法も簡単化させることができる。この図示例においては、内導体56としては下端部まで、完全に中空になされたものが使用されている。

【0042】尚、上記した実施例では、処理容器4の側壁に処理ガス供給ノズル20を設けて側部から処理ガスを供給する構造のため、処理ガスがウエハWの上面を横切ったり、或いはノズル20を、載置台6の中心を点対称の中心として点対称に複数設けたとしても、ウエハ上面中心部近傍で処理ガスの激みが生じたりして、プラズマ処理の面内均一性を確保できない恐れがあり、これを解決するために載置台6の上方に電界を乱さないようなガラス管製のシャワーヘッド構造を設置することも考えられるが、この場合には、ヘッド構造内でプラズマが発生する恐れがあることから実用的ではない。そこで、上記アンテナ覆い部材42に処理ガス導入部を形成してアンテナ構造物にガス導入手段を兼用させ、上記した危惧を回避するようにしてもよい。

【0043】図8はアンテナ覆い部材に処理ガス導入部を設けた時の実施例を示す断面図、図9はそのアンテナ構造物を示す拡大図、図10は図9に示すアンテナ部材及びその近傍の平面図、図11は変換器の部分を示す拡大図である。ここでは、図示するようにアンテナ覆い部材42の中心部に処理ガス導入部72を形成し、また、アンテナ覆い部材42の周辺部に処理ガス補助導入部74を形成している。

【0044】具体的には、処理ガス導入部72としては、同軸導波管58の内導体56として、その途中のみならず下端部も中空になされた中空管を使用し、これを処理ガスを流すための処理ガス供給通路76として兼用するように構成している。すなわち、中空管よりなる内導体56の下端面及びここに接合されるアンテナ部材36に処理空間Sに通じるガス孔78を形成する。このガ

12

ス孔78は、図10にも示すように好ましくはスペースが許す範囲で複数個形成するのがよい。そして、一端部が処理ガス源28に接続されたガス供給路22を、矩形導波管52と同軸導波管58を接合する変換器54から延在させた中空の内導体56に接続し、これにより、この中空内導体56を介して処理ガスを処理空間Sに導入させる。

【0045】また、アンテナ覆い部材42の周辺部に形成した処理ガス補助導入部74としては、アンテナ覆い部材42の周辺部に沿ってリング状のガスヘッダ78を形成し、このガスヘッダ78から処理空間Sに抜ける補助ガス孔80を設けるように構成している。この補助ガス孔80は、図10に示すようにアンテナ覆い部材42の周方向に沿って所定のピッチで多数個設けるのがガス均一拡散の点から望ましい。また、このガスヘッダ78には、上記ガス供給路22から分岐させた分岐管22Aが接合されており、ここに上記処理ガス導入部72と同じ処理ガスを供給し得ようになっている。

【0046】このように、アンテナ構造物を処理ガス導入手段と兼用させることにより、先に説明したと同様な例えばアンテナ部材36の冷却効率を高めることができる等の作用効果に加え、ウエハWの中心部上方より処理ガスを供給することができるので、ウエハの面内に均一に処理ガスを供給及び拡散させることができ、プラズマ処理の面内均一性を高めることが可能となる。特に、アンテナ覆い部材42の周辺部に処理ガス補助導入部74を設けることにより、処理ガスが中心部と比較して薄くなる傾向にあるウエハ周辺部にも十分な量の処理ガスを供給することができ、プラズマ処理の面内均一性を一層向上させることが可能となる。尚、この処理ガス補助導入部74のガス放出面74Aを水平面ではなく、載置台の中心方向に対向するテーパ面とすることにより、処理ガス噴射方向をウエハ中心方向に傾斜させることができ、プラズマ処理の面内均一性を一層期待することができる。

【0047】更に、図12に示す部分拡大図のように、処理ガス導入部72の下面に、多数のガス噴出口82を有する吹き出し板84を設けるようにしてもよい。この場合には、吹き出し板84は、アンテナ部材36の下面中心部のスリット38を設けていないスリット不形成エリアにロウ付け等により周縁部を上方へ屈曲させた状態で設け、ガス孔78を介して下方へ流出した処理ガスを多数のガス噴出口82から放出させることにより処理ガスをより拡散して処理空間Sに供給することが可能となる。

【0048】また同様に、図13に示す部分拡大図のように、アンテナ覆い部材42の周辺部に設けた処理ガス補助導入部74の下面にも、複数のガス噴出口86を有する吹き出し板88を設けるようにしてもよい。この場合には、吹き出し板88はアンテナ覆い部材42の周方

向に沿ってリング状に設けるのが良く、図10の場合と比較して多くのガス噴出口86を形成できる。そして、ガス放出面74Aを載置台の中心方向に対向するように傾斜させているので、更に一層のプラズマ処理の面内均一性を期待することができる。尚、この吹き出し板88を設けずにテーパになされたガス放出面74Aの補助ガス孔80から直接、斜め下方向に向けて処理ガスを供給してもよい。このような処理ガス導入部及び処理ガス補助導入部は、図4及び図7に示す実施例にも組み合わせて適用することができるのは勿論である。

【0049】尚、以上の説明では、主としてマイクロ波によりプラズマを発生させる電界を処理空間へ放出させる平面アンテナ部材について説明したが、これに限定されず、本発明は電磁場を処理空間に向けて放出させる構造のアンテナ部材或いはECR構造のアンテナ部材にも適用し得るのは勿論である。また、ここでは半導体ウエハのプラズマエッチング処理を例にとって説明したが、これに限定されず、プラズマを使用する装置ならばどのような装置にも適用でき、例えばプラズマアッシング装置、プラズマCVD装置等にも適用でき、更には、他の被処理体、例えばLCD基板等にも適用することができる。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。平面アンテナ部材の構造物を処理容器内に設けずに大気に晒すようにして設けてアンテナ部材自体を大気放熱により空冷するようにしたので、構造を複雑化させることなくこれが過度に高温状態となるのを防止でき、アンテナ部材が屈曲変形したり、部分的に溶けるのを阻止して耐久性を向上させることができる。また、アンテナ構造物の部材間を、例えばロウ付けにより面接合させることにより、部材間の熱伝導性が良好となり、アンテナ部材の放熱効率を一層向上させることができる。更に、このアンテナ部材を覆うアンテナ覆い部材や誘電体よりなるアンテナ構造物を気密構造としてこれによりマイクロ波導入口を密閉することにより、処理容器内を気密にするために別途、密閉手段を必要とせず、装置構成を簡単化できる。

【0051】また更に、アンテナ構造物に処理ガス導入部を形成して2つの機能を持たせることにより、構造を複雑化させることなく、被処理体の中心部上方から処理ガスを供給することができ、処理ガスの均一供給が可能となってプラズマ処理の面内均一性を向上させることができる。また、被処理体の周辺部上方のアンテナ構造物に処理ガス補助導入部を形成することにより、被処理体の周辺部にも十分に処理ガスを供給でき、プラズマ処理の面内均一性を一層向上させることができる。更に、処理ガス導入部や処理ガス補助導入部にガス噴出口を有する吹き出し板を設けることにより、処理ガスを拡散させ

つつ供給でき、更に、プラズマ処理の面内均一性を向上させる。また、同軸導波管の内導体をガス供給通路として用いることにより、ガス供給路を別途、独立させて設ける必要がなく、構造を簡単化してコスト削減に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す全体構成図である。

【図2】図1に示す処理装置に用いるアンテナ部材を示す平面図である。

【図3】図2に示すアンテナ部材の拡大平面図である。

【図4】アンテナ部材の取付状態を示す断面図である。

【図5】アンテナ部材の取付部を示す分解組立図である。

【図6】アンテナ部材の変形例を示す平面図である。

【図7】セラミック保護板を設けた時のアンテナ部材の近傍を示す拡大図である。

【図8】本発明の変形例のプラズマ処理装置を示す全体構成図である。

【図9】図8に示す装置のアンテナ部材の取付状態を示す断面図である。

【図10】図9に示すアンテナ部材及びその近傍の平面図である。

【図11】矩形導波管と同軸導波管との間に介在させる変換器を示す斜視図である。

【図12】処理ガス導入部の変形例を示す図である。

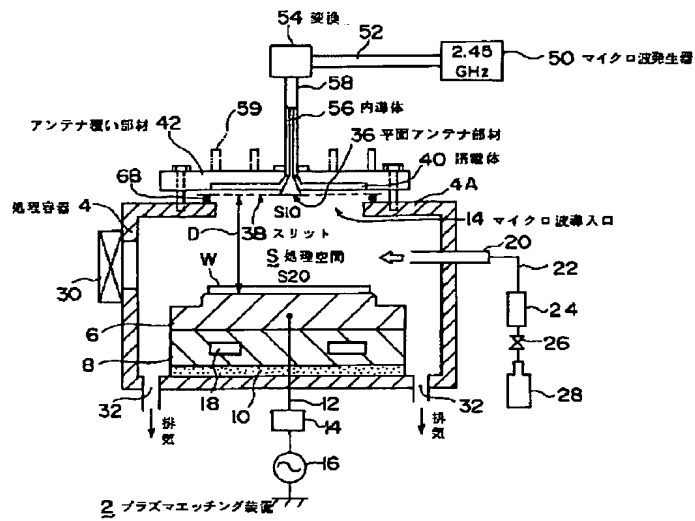
【図13】処理ガス補助導入部の変形例を示す図である。

【符号の説明】

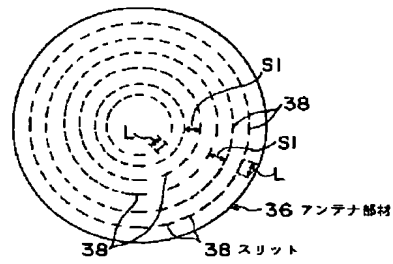
- |       |                       |
|-------|-----------------------|
| 2     | プラズマエッチング装置（プラズマ処理装置） |
| 4     | 処理容器                  |
| 6     | 載置台                   |
| 34    | マイクロ波導入口              |
| 36    | 平面アンテナ部材              |
| 38    | スリット                  |
| 40    | 誘電体                   |
| 42    | アンテナ覆い部材              |
| 50    | マイクロ波発生器              |
| 52    | 矩形導波管                 |
| 54    | 変換器                   |
| 56    | 内導体                   |
| 58    | 同軸導波管                 |
| 64    | ロウ付け                  |
| 72    | 処理ガス導入部               |
| 74    | 処理ガス補助導入部             |
| 76    | 処理ガス供給通路              |
| 80    | 補助ガス孔                 |
| 82、86 | ガス噴出口                 |
| 84、88 | 吹き出し板                 |
| W     | 半導体ウエハ（被処理体）          |



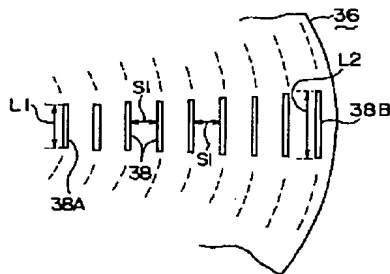
【図1】



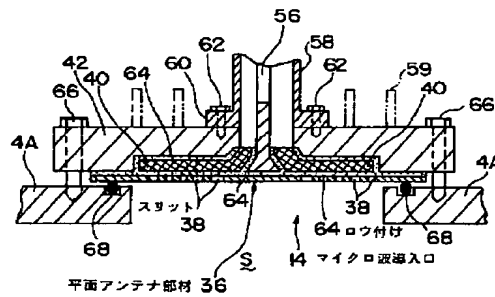
【図2】



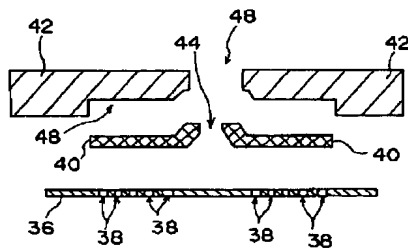
【図3】



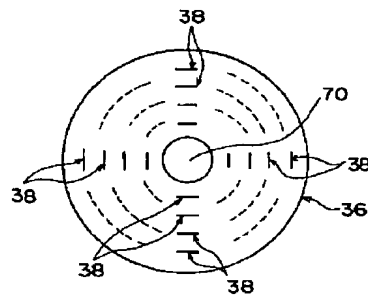
【図4】



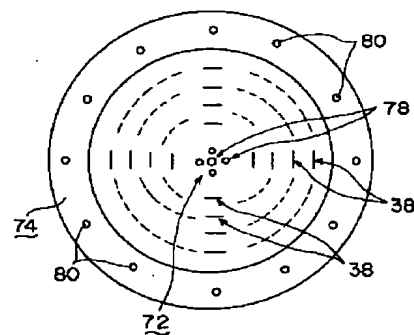
【図5】



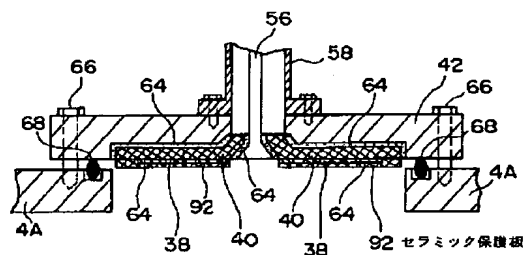
【図6】



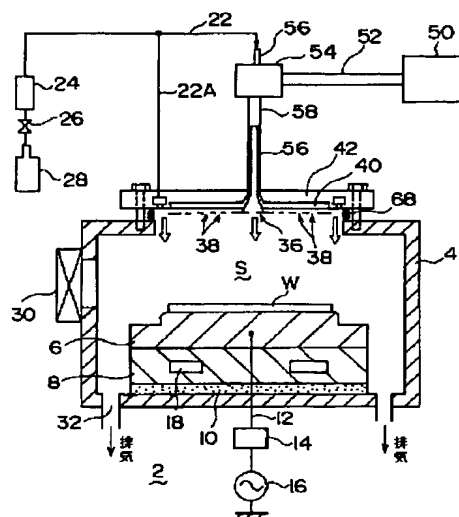
【図10】



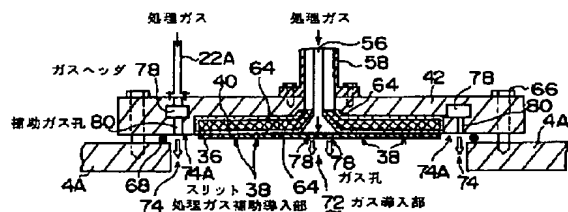
【図7】



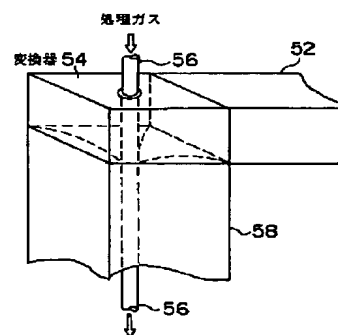
【図8】



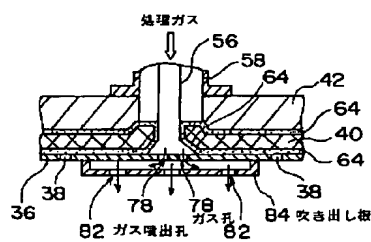
【図9】



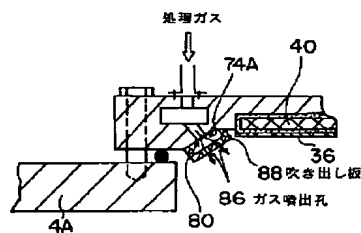
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(71)出願人 591076763  
高田 潤一  
千葉県船橋市二和東5-36-8-102

(71)出願人 594169385  
堀池 靖浩  
東京都保谷市東伏見3-2-12

BEST AVAILABLE COPY

(72)発明者 石井 信雄  
東京都港区赤坂5丁目3番6号 東京エ  
レクトロン株式会社内  
(72)発明者 小林 保男  
東京都港区赤坂5丁目3番6号 東京エ  
レクトロン株式会社内

(72)発明者 後藤 尚久  
神奈川県川崎市宮前区土橋6-15-1  
(72)発明者 安藤 真  
神奈川県川崎市幸区小倉1-1、1-312  
(72)発明者 高田 潤一  
千葉県船橋市二和東5-36-8-102  
(72)発明者 堀池 靖浩  
東京都保谷市東伏見3丁目2番12号